

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 3636 140 A1

⑤ Int. Cl. 4:  
G 05 D 16/20  
B 60 T 8/32

⑳ Aktenzeichen: P 36 36 140.2  
㉑ Anmeldetag: 24. 10. 86  
㉒ Offenlegungstag: 28. 4. 88

Behördeneigentum

DE 3636140 A1

㉑ Anmelder:  
Knorr-Bremse AG, 8000 München, DE

㉒ Erfinder:  
Hommen, Winfried, Dipl.-Ing., 8000 München, DE;  
Rau, Joachim, Dipl.-Ing., 8122 Penzberg, DE;  
Stäuble, Georg, Dipl.-Ing.; Wieser, Tiberius,  
Dipl.-Ing., 8000 München, DE

⑤4 Druckregler

Der Druckregler enthält einen PI-Regler (15) und einen Differenzierer (13), der die zeitliche Änderung des Soll-Wert-Signals ( $U_{\text{Soll}}$ ) bestimmt. Überschreitet das Ausgangssignal des Differenzierers (13) einen vorgegebenen Grenzwert, so wird die Proportionalverstärkung des Reglers vergrößert (Regler 16) und der Integralanteil des Reglers abgeschaltet. Ändert sich das Vorzeichen der Regelabweichung ( $U$ ), so wird der Integralanteil des Reglers (15) auf den Wert Null zurückgesetzt (Fig. 2).

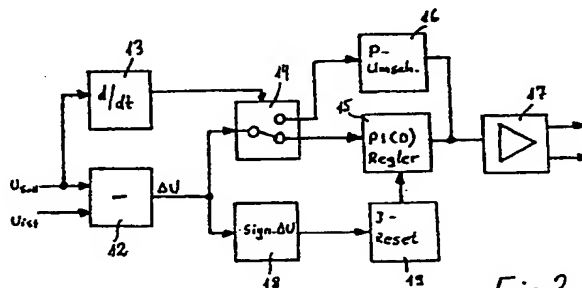


Fig. 2

DE 3636140 A1

1. Druckregler, insbesondere Bremsdruckregler für Fahrzeuge mit mindestens einem durch elektrische Signale betätigbarem Magnetventil, einem Druck-Spannungswandler zur Erzeugung eines dem zu regelnden Druck proportionalen Ist-Wert-Signal, einem Druck-Sollwertgeber, einem Vergleichler zur Erzeugung eines Regelabweichungssignales zwischen dem Ist-Wert-Signal und einem Soll-Wert-Signal, und mit einem mit dem Vergleichler verbundenen Regler, der als Regler mit Proportional- und Integralanteil ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, daß ein Differenzierer (13) vorgesehen ist, dem das Ist-Wert-Signal ( $U_{ist}$ ) zugeführt wird, daß Einrichtungen (14, 16) vorgesehen sind, die in Abhängigkeit vom Ausgangssignal des Differenzierers (13) die Proportionalverstärkung des Reglers (15) verändern.

2. Druckregler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen (14, 16) zum Verändern der Proportionalverstärkung des Reglers (15) einen Umschalter (14) enthalten, der in Abhängigkeit des Ausgangssignales des Differenzierers (13) seinen Schaltzustand ändert, der Art, daß das Ausgangssignal ( $\Delta U$ ) des Vergleichers (12) in der einen Schaltstellung direkt dem Regler (15) und in der anderen Schaltstellung einem zweiten Regler (16) mit gegenüber dem ersten Regler (15) unterschiedlicher Proportionalverstärkung zugeführt wird.

3. Druckregler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Regler (15) zwischen zwei Proportionalverstärkungsfaktoren umschaltbar ist.

4. Druckregler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich ein Schaltkreis (18) vorgesehen ist, der an den Vergleichler (12) angeschlossen ist und bei Wechsel des Vorzeichens des Ausgangssignales des Vergleichers (12) ein Signal erzeugt, welches den Integralanteil des Reglers (15) auf Null zurücksetzt.

5. Druckregler in Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Regler (15) nach dem Rücksetzen seines Integralanteiles auf Null vorzeichenrichtig weiter von Null aus integriert.

6. Druckregler nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangssignal des Reglers (15) über eine Endstufe (17) mindestens einem Proportionalventil (2, 3) zuführbar ist.

7. Druckregler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Regler (16) ein Proportionalregler ohne Integralanteil ist.

### Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Druckregler gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1. Ein derartiger Druckregler ist aus der DE-OS 28 11 345 bekannt. Ähnliche Druckregler sind auch aus den US-PSen 34 02 972, 33 98 993, 38 07 810 und den DE-PSen 11 60 491 und 11 00 672 bekannt. Kurz zusammengefaßt wird diesen bekannten Druckreglern für Bremsen ein elektrisches Bremsanforderungssignal, das Soll-Wert-Signal  $U_{soll}$ , zugeführt. Ein Druckaufnehmer mißt den momentan herrschenden Druck am Ausgang des Reglers, wandelt diesen in eine elektrische Spannung um und gibt diesen Ist-Wert  $U_{ist}$  an den Regler. Der Regler steuert entsprechend der Soll-/ Ist-Abweichung das Einlaß- oder das Auslaßventil an, um den Ist-Wert an den

Soll-Wert anzugleichen.

Um die Regelgüte zu verbessern, wurden bei der DE-OS 28 11 345 Auslaß- und Einlaßventile als sog. Proportionalventile ausgebildet, die im Ergebnis ihren Öffnungsquerschnitt entsprechend der Regelabweichung ändern. Der Regler hat hierbei auch einen Integralanteil (PI-Regler) um auch kleine Regelabweichungen noch ausregeln zu können und den Regler insgesamt weitestgehend hysteresefrei zu machen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, den gattungsbildenden Regler so zu verbessern, daß er schneller arbeitet, also eine höhere Eckfrequenz hat, gleichwohl jedoch hysteresefrei und stabil arbeitet.

Diese Aufgabe wird bei dem gattungsbildenden Regler durch die im Kennzeichenteil des Patentanspruches 1 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltung und Weiterbildung der Erfindung sind den Ansprüchen zu entnehmen.

Generell sind die Forderungen nach Schnelligkeit, Stabilität und Hysteresefreiheit bei Reglern teilweise gegensätzlich. Für die Hysteresefreiheit ist ein Integralanteil des Reglers unerlässlich. Er wirkt jedoch bei kurzen Zeitkonstanten destabilisierend, insbesondere wenn ein hoher P-Anteil (hohe Proportionalverstärkung) vorgesehen ist. Umgekehrt läßt sich die Schnelligkeit zwar durch einen Differentialanteil (PID-Regler) erhöhen was jedoch ebenfalls destabilisierend wirkt.

Der Grundgedanke der Erfindung besteht daher darin, bei schnellen Soll-Wert-Änderungen, d. h. bei steilem Soll-Wert-Gradienten die Proportionalverstärkung auf höhere Werte umzuschalten. Durch die erhöhte Proportionalverstärkung reduziert sich die Ansprechzeit der Magnetventile und der elektrische "Totbereich" der Magnetventile wird schneller durchlaufen. Sinkt der Soll-Wert-Gradient wieder unter einen Grenzwert ab, so wird der Proportionalanteil auf seinen niedrigeren Wert zurückgeschaltet. Eine weitere Verbesserung der Stabilität erhält man dadurch, daß man bei der höheren Proportionalverstärkung den Integralanteil abschaltet und ihn erst dann wieder zuschaltet, wenn der Proportionalanteil auf seinen niedrigen Wert zurückgeschaltet ist. Damit behält man die Hysteresefreiheit und die Regelung wird stabiler. Eine weitere Verbesserung erhält man dadurch, daß man bei einem Vorzeichenwechsel der Regelabweichung den Integralanteil auf Null zurücksetzt und von Null aus die Stellgröße mit dem richtigen Vorzeichen hochlaufen läßt. Damit reduziert sich bei der vorgegebenen Zeitkonstanten des Integralanteiles die Totzeit um den Anteil, der erforderlich wäre, um die Stellgröße von einem zufälligen, momentanen Wert mit entgegengesetztem Vorzeichen auf Null zu bringen. Es wird also die Schnelligkeit erhöht ohne die Stabilität zu beeinträchtigen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 ein Prinzipschaltbild einer geregelten Bremsanlage und

Fig. 2 ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels des Druckreglers der Erfindung.

In Fig. 1 gelangt das Medium (z. B. Luft oder Hydraulikflüssigkeit), dessen Druck geregelt werden soll über eine Leitung 1 zu einem Absperrventil 2 (Einlaßventil) und kann über ein weiteres Absperrventil 3 (Auslaßventil) abgelassen werden. Zwischen Einlaß- und Auslaßventil 2 und 3 ist eine Leitung 4 vorgesehen, die zu einem Bremszylinder 5 führt. An diese Leitung 4 ist auch ein elektromechanischer Druck-Spannungswandler 6 angeschlossen, dem eingangsseitig der pneumatische

bzw. hydraulische Druck zugeführt wird und der ausgangsseitig auf der elektrischen Leitung 7 ein elektrisches Signal  $U_{ist}$  abgibt, das dem Druck proportional ist. Dieses Ist-Wert-Signal wird einem Regler 8 zugeführt, der bei der Erfindung einen Proportionalanteil und einen Integralanteil enthält. (sog. PI-Regler) Der Regler kann auch einen zusätzlichen D-Anteil (Differentialanteil) haben und damit ein PID-Regler sein. Über elektrische Leitungen 9 und 10 werden das Einlaßventil 2 und das Auslaßventil 3 so angesteuert, daß sich der gewünschte geregelte Druck einstellt, der über ein elektrisches Druck-Soll-Wert-Signal  $U_{soll}$  auf einer elektrischen Leitung 11 dem Regler 8 zugeführt wird. Bei einer Bremsanlage handelt es sich dabei also um ein Bremsanforderungssignal.

Fig. 2 zeigt den nach der Erfindung ausgestalteten Regler. Die Soll- und Ist-Wert-Signale  $U_{soll}$  und  $U_{ist}$  (von den Leitungen 11 und 7 der Fig. 1) werden einem Vergleichs- 12 zugeführt, der die Differenz zwischen  $U_{soll}$  und  $U_{ist}$  bildet. Dieses Differenzsignal wird allgemein auch als Regelabweichung  $\Delta U$  bezeichnet. Zusätzlich wird das Soll-Wert-Signal einem Differenzierer 13 zugeführt, der die zeitliche Ableitung  $d U_{soll} / dt$  bildet. Das Regelabweichungssignal  $\Delta U$  wird über einen Umschalter 14 dem Regler 15 zugeführt. Dieser Regler hat eine Proportionalverstärkung mit einem ersten (niedrigen) Verstärkungsfaktor. Ein zweiter Ausgang des Umschalters 14 wird einem anderen Regler 16 zugeführt, der keinen Integralanteil hat, dessen Proportionalverstärkung (P-Anteil) jedoch größer ist als die des Reglers 15.

Das Ausgangssignal des Differenzierers 13 steuert die Schaltstellung des Umschalters 14. Liegt das Ausgangssignal des Differenzierers 13 unter einem vorgegebenen Schwellwert, so ist der Umschalter 14 in der in Fig. 2 dargestellten Stellung, bei der der Vergleichs- 12 zu dem Regler 15 durchgeschaltet ist. Ist dagegen das Ausgangssignal des Differenzierers 13 größer als der vorgegebene Schwellwert, was bedeutet, daß sich der Soll-Wert mit steilem Gradienten ändert, so schaltet der Umschalter 14 in die andere Schaltstellung, in welcher das Ausgangssignal des Vergleichers 12 zu dem Verstärker 16 durchgeschaltet wird. Unterhalb des Schwellwertes des Gradienten des Soll-Wert-Signales ist also der PI-Regler 15 im Einsatz; es wirkt ein relativ niedriger Proportionalanteil sowie der Integralanteil. Oberhalb des Schwellwertes des Gradienten des Soll-Wertes wirkt dagegen nur noch der "Regler" 16, der einen höheren Proportionalanteil hat und dafür aber keinen Integralanteil. Die Ausgangssignale (von denen jeweils ja nur eines wirksam ist) der Regler 15 und 16 werden einer Endstufe 17 zugeleitet, die dann die entsprechenden Magnetventile (z. B. die Magnetventile 2 und 3 der Fig. 1) ansteuert. Vorzugsweise verwendet man hier sog. Proportionalventile gemäß der DE-OS 28 11 345. Die Endstufe 17 enthält dann entsprechend einen Impuls- 55 generator, dessen Frequenz in Abhängigkeit vom Eingangssignal, d. h. also vom Ausgangssignal der Regler 15 und 16 verändert wird.

Weiterhin wird das Ausgangssignal  $U$  des Vergleichers 12 einem Schaltkreis 18 zugeführt, der erkennt, ob sich das Vorzeichen von  $\Delta U$  ändert, d. h. ob die Regelabweichung positiv oder negativ ist, der Druck also erhöht oder erniedrigt werden soll. Bei jedem Vorzeichenwechsel erzeugt dieser Schaltkreis 18 ein Ausgangssignal, beispielsweise in Form eines Impulses, der einer Rücksetzschaltung 19 für den Integralanteil des Reglers 15 zugeführt wird. Damit wird bei jedem Vorzeichenwechsel der Regelabweichung der Integralanteil des

Reglers 15 auf Null zurückgesetzt von wo aus er dann die Regelabweichung weiter auf- bzw. abintegriert, je nach Vorzeichen der Regelabweichung. Bei einem plötzlichen Sprung der Regelabweichung muß also der Integrierer im Regler 15 nicht erst vom jeweils aktuell vorhandenen Wert auf- oder abintegrieren, bis er zur Nulllinie gelangt, was naturgemäß einige Zeit dauert; vielmehr wird er zwangsweise sofort auf den Wert Null zurückgesetzt, womit der Regler also schneller anspricht.

Sämtliche in den Patentansprüchen, der Beschreibung und der Zeichnung dargestellten technischen Einzelheiten können sowohl für sich als auch in beliebiger Kombination miteinander erfindungswesentlich sein.

3636140

Nummer:  
Int. Cl. 4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

- 189a -  
36 36 140  
G 05 D 16/20  
24. Oktober 1986  
28. April 1988

